



EFFECTO DE ELEVADAS DOSIS DE ESTIÉRCOL BOVINO SOBRE EL GRADO DE SATURACIÓN DE FÓSFORO DE UN SUELO EN PAMPA ONDULADA

EFFECTS OF HIGH RATES OF BEEF CATTLE MANURE ON THE DEGREE OF PHOSPHORUS SATURATION OF A SOIL IN ROLLING PAMPA

Ciapparelli, Ileana C.¹; De Iorio, Alicia F.¹; de los Santos, Christian N.¹; García, Ana R.¹

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Cátedra de Química Inorgánica y Analítica. Buenos Aires, Argentina. Av. San Martín 4453, CP 1417, CABA.

ciappare@agro.uba.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue cuantificar el grado de saturación de fósforo (GSP) de un suelo agrícola impactado con estiércol y establecer relaciones que permitan inferir la variación del mismo a partir de propiedades edáficas. Se tomaron muestras de suelo a distintas profundidades en parcelas fuertemente estercoladas. Se les determinó el GSP a partir de su contenido de fósforo (P) extractable y de la máxima capacidad de adsorción, calculada desde la isoterma de Langmuir. Se confeccionaron modelos de regresión múltiple para comprender qué variables edáficas interfieren en la movilidad de este nutriente en el perfil. En los tratamientos con excesiva aplicación de estiércol se generó una saturación de P en superficie superior al 200%, mientras la parcela control sólo alcanzó un máximo por debajo del 2,5%. El modelo indicó que la saturación con P en estas parcelas se debe principalmente al aporte de la materia orgánica del estiércol.

Palabras clave: suelo, adsorción, lixiviación, profundidad.

Introducción

El gran volumen de estiércol producido y acumulado en los corrales de engorde de ganado bovino (feedlot), requiere ser removido periódicamente de la superficie de los mismos para evitar efectos perjudiciales sobre los animales, afectando la capacidad productiva de los establecimientos.

Este residuo orgánico (estiércol) puede ser considerado un recurso valioso para la producción agrícola, debido al elevado contenido de materia orgánica y nutrientes que posee, por lo que puede ser usado en el abonado de cultivos extensivos y como mejorador de las propiedades edáficas (EPA, 2001). No obstante, el exceso de aplicación de este residuo puede traer consecuencias ambientales tanto en el sistema edáfico, como en los sistemas acuáticos. La contaminación de aguas superficiales y subsuperficiales por el exceso de materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) (García et al., 2015), así como la salinización de los suelos, conducen a la degradación de los recursos con efectos adversos sobre la biota.

Una encuesta realizada por investigadores en la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) (Zorich y García, 2017), indicó que los establecimientos de engorde intensivo de esta región se caracterizan por ser grandes producciones, con más de 1000 cabezas de carga instantánea. Así, la concentración de estos establecimientos en la región Pampa Ondulada, con precipitaciones que superan los 1000 mm.año⁻¹ y una gran red hidrográfica definida, plantea severos problemas sobre los recursos hídricos, que convierten a la actividad feedlot en fuente de contaminación puntual (García et al., 2015). Debido al crecimiento de la actividad de los feedlots en la Región Pampeana, y a la ausencia de reglamentaciones específicas que regulen la correcta disposición final de este residuo (García et al., 2015), es que se hace necesario contar con datos locales acerca del impacto de esta práctica sobre el ambiente.

En esta región, se halló una situación ambiental en la que una aplicación de dosis elevadas de estiércol, pudo afectar la concentración de fósforo (P) en el suelo, su desplazamiento en profundidad y su potencial impacto en los recursos hídricos. Por ello, se planteó como objetivo

de este trabajo cuantificar el grado de saturación de P del suelo impactado con estiércol y establecer relaciones que permitan inferir la variación del mismo a partir de propiedades edáficas.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento agrícola-ganadero de la Provincia de Buenos Aires, en la región Pampa Ondulada (Figura 1). El mismo tiene una capacidad para 12000 animales por ciclo productivo y cuenta con 34 corrales de engorde. El estiércol removido anualmente de la superficie de los corrales se dispone en pilas sobre un campo agrícola, y luego de un tiempo de degradación al aire, es desparramado con el fin de mejorar la fertilidad edáfica. El resultado de estas acciones antrópicas no han sido monitoreadas, siendo el campo agrícola con alta carga de estiércol el foco de este estudio.



Figura 1. Sitio de estudio

Dentro del lote agrícola estercolado se seleccionaron tres áreas que constituyeron los tratamientos en estudio. En una de las áreas, se agregó una dosis de $1600 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$ de estiércol en el año 2004 (E1600/04); en otra, se aplicó $500 \text{ tn}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el año 2010 (E500/10). Luego de estas dosis, los sitios no volvieron a recibir aplicaciones orgánicas. De esta manera, los sitios E1600/04 y E500/10 no fueron fertilizados con estiércol por 9 y 3 años al momento del muestreo (2013). La tercer área seleccionada, estuvo ubicada fuera de los sectores impactados constituyó el sitio testigo del estudio (Control). Este sitio no recibió estiércol en toda su historia de uso, y no se diferenció topográficamente de los sitios impactados.

En cada una de las tres áreas, se abrieron tres pozos para analizar morfológicamente el perfil y extraer muestras compuestas disturbadas hasta el metro y medio de profundidad. A partir de estas últimas se efectuaron las determinaciones analíticas. El suelo se clasificó como Argialbol típico (USDA, 2010).

Las muestras se acondicionaron en bolsas plásticas, selladas herméticamente, y fueron mantenidas a 4°C hasta llegar al laboratorio. En el laboratorio, después de cuantificar la humedad gravimétrica y la concentración de nitratos (extracción con KCl 2M), se dejaron secar al aire, se molieron y tamizaron utilizando una malla de 2 mm de diámetro.

Las determinaciones analíticas realizadas sobre el suelo de los sitios impactados y del control se realizaron siguiendo métodos estandarizados de laboratorio (Dewis y Freitas, 1970; Page et al., 1982; Klute y Dirksen, 1986; Schulte y Hopkins, 1996): humedad por método gravimétrico; textura por método hidrométrico de Bouyoucos; pH en agua en una relación 1:2,5; conductividad eléctrica en pasta de saturación; análisis de la fracción arcilla por difracción de rayos X; carbono orgánico (CO) por pérdida por ignición (LOI); hierro (Fe) y aluminio (Al) recuperables por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP); cloruro (Cl) por medición potenciométrica; extracción de fósforo total por mineralización húmeda, de fósforo lábil por Bray y Kurtz (P-Bray), y de P en agua en una relación suelo-agua de 1:10, y posterior determinación colorimétrica a 680 nm; nitrógeno como nitrato (N-NO_3^-) por reducción con sulfato de hidracina y determinación colorimétrica a 540 nm, cationes de cambio por extracción con acetato de amonio 1N pH=7, y capacidad de intercambio catiónico por extracción con acetato de amonio 1N pH=7, y determinación colorimétrica a 630 nm.

Para establecer la capacidad de adsorción del suelo control, y poder cuantificar el grado de saturación de P de las parcelas impactadas, se realizaron isotermas de adsorción de P siguiendo una modificación de la técnica propuesta por Nair et al. (1984). El estado de equilibrio se logró al cabo de 24 hs de agitación. Posteriormente se centrifugó y filtró. En el filtrado se analizó la concentración de P en la solución de equilibrio (C). Los ensayos fueron conducidos por triplicado, para cada uno de los horizontes del suelo. Las isotermas fueron construidas trazando la cantidad de fosfato sorbida (Q) en función de C. Se utilizó el modelo de Langmuir (Bohn et al., 1993; Graetz y Nair, 2000) para cuantificar la máxima capacidad de

sorción del suelo, y a partir de este dato y del contenido de P Bray, se determinó el grado de saturación de P (GSP) de todas las parcelas muestreadas (García, 2009).

Los datos fueron analizados utilizando estadística descriptiva, mediante el software estadístico InfoStat. Para predecir comportamientos de las formas de P y el GSP, se confeccionaron modelos de regresión lineal múltiple utilizando como variables predictivas a las características edáficas relacionadas con la sorción de P.

Resultados

Los datos promedio de GSP a lo largo del perfil del suelo, para las tres parcelas en estudio pueden verse en la figura 2. Allí se observa que los dos tratamientos con aplicación de estiércol generaron una saturación de P en superficie superior al 200%, mientras el Control sólo alcanzó un máximo por debajo de 2,5%. En profundidad, el GSP de las parcelas estercoladas se redujo a valores cercanos al del suelo control. Las distintas dosis y tiempos de lixiviación (3 y 9 años) dan cuenta de las diferencias observadas en el GSP a lo largo del perfil en cada parcela.

También se aprecian dos puntos por encima de los que se produjo una acumulación de P-Bray en E1600/04, a los 70 y 110 cm, indicando dos puntos dentro del perfil que colaboran frenando el avance de P hacia estratos más profundos.

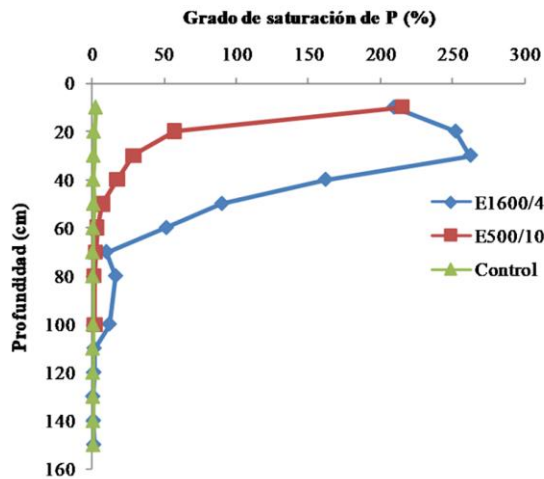


Figura 2. Grado de saturación de P (%) en el perfil del suelo bajo estudio.

El grado de saturación de P de las parcelas estercoladas (E1600/04 y E500/10) y del Control fue modelado a partir de las características del suelo que pueden estar involucradas en la retención de P (Tabla 1). Los modelos elegidos mostraron un ajuste a los datos del 91% en el caso de las parcelas estercoladas, y del 87% en el caso del suelo control.

Tabla 1: Modelos matemáticos que relacionan el GSP con las características del suelo

$GSP_{Estercoladas} = 118,58 + 17,91 \cdot CO - 9,21 \cdot AlR - 1,79 \cdot (NO_3^- + Cl^-) + 0,03 \cdot P_{total}$	$R^2=0,91$
$GSP_{Control} = -0,20 + 0,23 \cdot P_{Bray} + 0,09 \cdot K^+ - 0,19 \cdot Mg^{2+} + 0,02 \cdot Arcilla + 0,02 \cdot CIC$	$R^2=0,87$

Los datos de P, Cl⁻ y NO₃⁻ se expresan en mg.kg⁻¹, CO, Arcilla, Al R se expresan en %, y K⁺, Mg²⁺ y CIC en meq.100g⁻¹.

En las parcelas con estiércol, el modelo indicó que la saturación con P se debe principalmente, a la materia orgánica del estiércol (representada por el CO). Además, el GSP se vio influenciado negativamente por el contenido de Al recuperable y por la concentración de otros aniones, como el Cl⁻ y el NO₃⁻. Los óxidos de Al estarían aportando más cantidad de sitios de sorción (con mayor proporción de cargas positivas), mientras que los aniones podrían estar ocupando sitios por reacciones de adsorción no específica (Bohn et al., 1993), o bien, podrían estar afectando la fuerza iónica de la solución del suelo, facilitando la solubilidad de los



fosfatos. Es importante destacar que a mayor grado de saturación, menor es la fuerza de retención de este nutriente en el sistema (Allen y Mallarino, 2006) y mayor la probabilidad de alcanzar los acuíferos subyacentes. En la parcela control, no obstante, el modelo no evidenció que haya alguna variable con mayor preponderancia sobre otra. Así, ciertas propiedades del suelo son las que determinan la saturación del mismo con P: los cationes intercambiables Mg^{2+} y K^+ , la fracción arcilla y la capacidad de intercambio catiónico.

Conclusiones

En este estudio se evidenció el incremento del GSP a lo largo del perfil en parcelas fuertemente enmendadas con estiércol bovino de feedlot. De este modo, el residuo excesivamente aplicado aporta elevadas cantidades de P al suelo que se desplazan en profundidad y pueden potencialmente impactar los recursos hídricos. La movilidad de P en el perfil, en este contexto, se vio influenciada por el aporte y el desplazamiento del CO , Al , Cl^- y NO_3^- de estos residuos, condicionada a su vez, por el efecto de las precipitaciones de la zona. Por lo tanto, se pone de manifiesto la necesidad de calcular la dosis a aplicar de manera sitio específica, es decir, en función de las condiciones edafoclimáticas iniciales, para evitar efectos adversos.

Bibliografía

- Allen, B.L.; Mallarino, A.P.** 2006. Relationships between extractable soil phosphorus and phosphorus saturation after long-term fertilizer or manure application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 454–463.
- Bohn, H.; Mc Neal, B.; O'Connor, G.** 1993. *Química del Suelo*. Ed. Limusa S.A. Grupo Noriega Editores. México D.F. 370 p.
- EPA (Environmental Protection Agency).** 2001. Development document for the proposed revisions to the national pollutant discharge elimination system regulation and the effluent guidelines for concentrated animal feeding operations. USEPA - Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division. Washington. EEUU. EPA-821-R-01-003. 767 p.
- Dewis, J.; Freitas, F.** 1970. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 252 p.
- García, A.R.** 2009. Actividades de engorde a corral (feedlot): retención y movilización de nitrógeno y fósforo en un suelo Hapludol éntico, y su potencial impacto en el ambiente. Tesis para obtener el grado de Magister de la Universidad de Buenos Aires, área Ciencias del Suelo. Escuela para Graduados. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 149 p.
- García, A.; Fleite, S.; Ciapparelli, I.; Vázquez Pugliese, D.; Weigandt, C.; Iorio, A. F. de.** 2015. Observaciones, desafíos y oportunidades en el manejo de efluentes de feedlot en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral*. 25: 255-262.
- Graetz, D.A.; Nair, V.D.** 2000. Phosphorus sorption isotherm determination. En: G.M. Pierzynski (ed.). *Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals and waters*. Southern Cooperative Series Bulletin N° 396. SERA-IEG 17 (Southern Extension/Research Activity - Information Exchange Group). 102 p.
- Klute, A.; Dirksen, C.** 1986. *Method of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin, EEUU. 1188 p.
- Nair, P.S.; Logan, T.J.; Sharpley, A.N.; Sommers, L.E.; Tabatabai, M.A.; Yuan, T.L.** 1984. Interlaboratory comparison of a standardized phosphorus adsorption procedure. *J. Environ. Qual.* 13: 591-595.
- Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R.** 1982. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. 2°ed. Agron. 9, ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, EEUU. 1159 p.
- Schulte, E.E.; Hopkins, B.G.** 1996. Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. En: Magdoff et al. (ed.). *Soil organic matter: Analysis and interpretation* SSSA Spec. Publ. 46. SSSA, Madison, Wisconsin, EEUU. Pp. 21–31.
- USDA (United States Department of Agriculture).** 2010. *Claves para la Taxonomía de Suelos*. 11° ed. Servicio de Conservación de Recursos Naturales USDA, EEUU. 366 p.
- Zorich, C.; García, A.R.** 2017. Relevamiento del manejo de residuos en producciones de engorde a corral- feedlots. INTA, AUDEAS, CONADEV. En: https://inta.gov.ar/sites/default/files/trabajo_copime_zorich_catalina_-_proy_inta_-_audeas.pdf